



国家出版基金项目  
NATIONAL PUBLICATION FOUNDATION

“十二五”国家重点图书出版规划项目  
教育神经科学与国民素质提升系列丛书  
主编：周加仙 [美]库尔特·W.费希尔



Educational  
Neuroscience

The Evidence-based Educational  
Policy-making and Practice

# 教育神经科学视野中的 循证教育决策与实践

周加仙 等/著

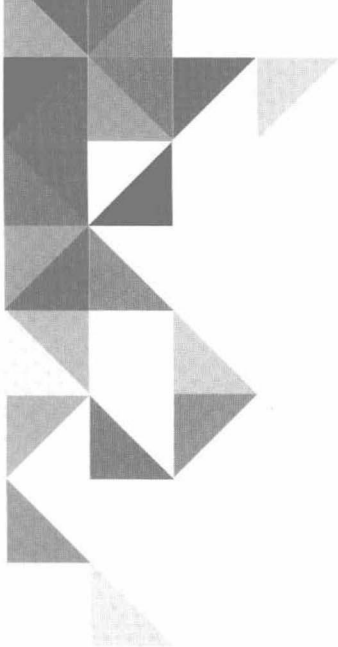


教育科学出版社

ESPH Educational Science Publishing House



国家自然科学基金项目



Educational  
Neuroscience

The Evidence-based Educational  
Policy-making and Practice



# 教育神经科学视野中的 循证教育决策与实践

周加仙 等/著

教育科学出版社

· 北京 ·

出版人 李 东  
责任编辑 刘明堂 王晶晶  
版式设计 郝晓红  
责任校对 贾静芳  
责任印制 叶小峰

## 图书在版编目(CIP)数据

教育神经科学视野中的循证教育决策与实践 / 周加  
仙等著. —北京: 教育科学出版社, 2016.12  
(教育神经科学与国民素质提升系列丛书)  
ISBN 978-7-5191-0955-4

I. ①教… II. ①周… III. ①脑科学—神经科学—应  
用—教学研究 IV. ①G42

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第325246号

教育神经科学与国民素质提升系列丛书

教育神经科学视野中的循证教育决策与实践

JIAOYU SHENJING KEXUE SHIYE ZHONG DE XUNZHENG JIAOYU JUECE YU SHIJIAN

---

出版发行 教育科学出版社

社 址 北京·朝阳区安慧北里安园甲9号

市场部电话 010-64989009

邮 编 100101

编辑部电话 010-64989419

传 真 010-64891796

网 址 <http://www.esph.com.cn>

经 销 各地新华书店

制 作 北京博祥图文设计中心

印 刷 保定市中华美凯印刷有限公司

开 本 169毫米×239毫米 16开

版 次 2016年12月第1版

印 张 19.5

印 次 2016年12月第1次印刷

字 数 275千

定 价 45.00元

---

如有印装质量问题, 请到所购图书销售部门联系调换。

“十二五”国家重点图书出版规划项目  
教育神经科学与国民素质提升系列丛书  
主编：周加仙 [美]库尔特·W.费希尔

# 从教育神经科学的视角来看核心素养的培育与国民素质的提升

周加仙

教育神经科学是将神经科学、心理学、教育学整合起来，研究人类教育现象及其一般规律的横跨文理的新兴交叉学科。教育神经科学的发展推动了神经科学、心理学与教育学的互动，强化了神经科学、认知科学的研究成果在教育中的应用，促进了教育研究、教育决策与教育实践的科学化。由于它注重学与教的脑生理机制与认知机制的结合，强调教育的实证研究范式，明确指向教育决策与实践的科学化，近年来已成为许多国家教育发展战略的基础，其发展对国民素质的提升与国家综合国力的增强具有重要的价值与意义。

## 一、教育神经科学的国内外发展简况

作为一门诞生于21世纪的新兴学科，教育神经科学得到了发达国家与发展中国家的高度重视，美国、英国、荷兰、日本、加拿大、新加坡等国政府都投入巨额资金来发展这一新兴学科。目前，美国哈佛大学、斯坦福大学、英国剑桥大学、伦敦大学学院等国际著名大学已经成立了60多个教育神经科学专业研究机构与人才培养机构。随着大量研究机构的成立，教育神经科学

专业研究人员已然成为国际紧缺人才。

2010年，华东师范大学在国内成立了首个教育神经科学研究中心，综合了教育学、心理学、神经科学三个学科的优势，致力于国际水准、本土特色的教育神经科学研究，并得到了国际学术界的高度关注。国际著名学术期刊《神经元》（*Neuron*）在2010年的特邀综述中，将华东师范大学列为国际教育神经科学的重要研究机构之一（Carew, Magsamen, 2010）。该中心致力于为国家教育政策的制定与教育实践的开展提供科学的依据，为教育神经科学的专业人才培养与我国教育神经科学的发展做出积极的贡献。2012年，我国台湾师范大学也成立了教育神经科学实验室，并将它作为学校迈向顶尖大学的重要创举。

## 二、从教育神经科学的视角来看核心素养的培育

从教育神经科学的视角来看，核心素养是指学生在先天遗传与进化所形成的特质的基础上，借助正式与非正式的教育，而形成的适应个人终身发展和社会需要的必备品格和关键能力。因此，核心素养是在先天能力的基础上，通过后天的学习而获得的，具有可教育性、可学性、可测性以及可持续发展性等特征。它不仅强调知识与技能的形成，更强调知识与技能的获取。它集知识、能力、态度与价值观为一体，具有整合性与系统性的特征。比如，核心素养中语言素养是指有效地表达和交流的能力，超出了语文学科的范畴。

从教育神经科学的视角来看核心素养，其核心在于人脑的认知能力。认知能力是指接收、加工、储存和应用信息的能力。认知能力包括知觉、记忆、注意、思维、想象、语言加工、数学加工等能力，是学生成功完成学习活动的最重要的心理条件。人脑中存在的不同核心系统支持着核心素养的形成。例如，计算能力源于人类进化而来的数感，数感依赖于人脑中的两个核心系统：精算系统与估算系统。精算系统主要由人脑右侧的颞顶联合区表征，估算系统主要与双侧顶内沟有关。精算系统与估算系统的分离性特征主要体现在加工非符号性数字上，如加工视觉呈现的物体数量，而对于符号数字则不存在精算系统与估算系统。精算系统与估算系统是后天数学能力形成

的核心系统。精算能力可能主要来源于人类自身的文化发展过程，而估算能力则主要来源于人类的种系进化过程。在儿童计算能力的发展过程中，估算能力的发展要相对早于精算能力，表现为从以估算能力为主逐渐过渡到以精算能力为主的发展模式（Dehaene, 2011）。大脑中支持几何知识的核心系统也包括两个：其中一个系统表征大尺度的定位，另外一个系统表征小尺度的可操作的物体与形状。只有通过对这两个系统表征的创造性融合，人类才能够理解抽象的欧几里得几何系统。这种融合依赖于人类特有的符号工具，如地图与方位语言等（Battro, Dehaene, Singer, 2011）。但是，当前，学校中的几何课程与教学几乎没有关注人脑中空间定位与视觉形状这两类最重要的几何直觉能力，而主要关注的是尺子和指南针；其涉及的心智加工程序主要是逻辑推理，尤其是理论证明。这种背离几何直觉发展规律的几何教学内容安排使得很多学生都无法理解与完成几何学习任务，更无法找到这些学习任务与自然情景下的几何活动之间的关系。这种缺乏生活意义的几何学习势必给学生带来巨大的挑战。反之，如果将空间定位和视觉形状分析作为儿童几何学习的开端，其不仅可以适当的形式在较早的学段，比如幼儿园阶段教授，而且更重要的是，这类几何直觉任务对于幼儿既具有挑战性，又能使之获得满足感。关注几何直觉发展规律的几何教学改革，不仅会提高学生学习几何的兴趣，而且还能够提高几何教学的效益。

本丛书从教育神经科学的视角出发，通过系统地阐述核心素养形成的脑与认知规律，从道德、语言、数学、体育与音乐等不同能力展开，从全新的角度来探索基于核心素养的课程编制与教育决策的科学基础，力图为国民素质的提升提供科学的依据。

### 三、教育神经科学视野中的国民素质提升

国民素质是一个国家的民众所具有的相对稳定的综合品质。素质（predisposition）是指“人生来就具有的某些生理解剖特点，特别是神经系统、脑、感觉器官和运动器官的生理解剖特点。它是能力形成和发展的自然前提”（林传鼎，陈舒永，张厚粲，1984）。它以内在的形式存在，在个体与外部世界接触的过程中，作为主体的内在属性表现出来（单培勇，

2010)。因此，素质是在人的生理基础之上，在教育的影响下逐步形成的。它孕育于生命之初，在生命的发展过程中逐步完善，在先天禀赋与后天教养的共同作用下形成。

素质的形成包含生理、心理、文化、思想等四个不同的层面（柳夕浪，1991）。生理层面提供了生物进化过程所赋予人的先天潜能，这为人的发展提供了可能性。但是与其他动物不同的是，人在出生以后，幼态持续的时间比其他动物都长，这是因为，人的遗传本能并没有为人提供完善的特定化图式，来满足人在成长过程中的各种需要。因此，人需要在后天的教养环境中得到进一步的发展。人的生理素质是教育的必要基础，而教育会对人的基因、人脑的结构与功能产生重要的影响。素质的心理层面是指人脑的机能，是人脑对客观社会现实的主观反映。人脑具有可塑性，人脑的可塑性为人类学会识别与使用人脑所创造的各种文化产品奠定了基础。教育利用人脑的可塑性，通过神经元的再利用过程（周加仙，2011），使脑神经的结构与功能产生改变。

人的心理素质是在人的认知与情绪活动中逐渐形成的相对稳定的心理状态与心理特征。在儿童期，人脑神经联结的冗余，提供了人发展的多种可能性。现代神经科学的研究进一步表明，人脑终身具有形成新的神经联结的能力，因此，人的素质的发展是终身的过程。

但是，人的潜能并不是无限的，文化对人的生理机能的延伸与改变受到生物遗传因素与认知神经机制的制约。与遗传作用相比较，文化教育对人的某些生理素质的改造作用是有限的。素质通过文化与人的心理、生理过程的交互作用，对人脑的结构与机能、人的先天禀赋产生了重要的影响。从认知与情感交融为一体的宗教文化，到认知与情感分离的科学文化，再到情感高度发达所形成的艺术文化，构成了素质的文化层面。人的文化素质使得人类逐步脱离动物性的本能，拥有了理智。人类长期以来不断积累起来的宗教文化、科学文化、艺术文化成果，依靠文化积累与传承的棘轮效应（ratchet effect），能够超越个体的生命而存在，并且不断积累与扩大。

思想是素质发展的高级形态，具体体现在人生观与价值取向上，表现在对现实问题的独特看法中。人生观与价值取向是在社会情境中，通过社会实践而逐步形成的。对于个体而言，传承下来的文化成果不是自己的原创产



品，但人对这些文化成果的内化过程却具有原创性，个体需要借助主体的建构活动，经历行为练习、动作内化、思维发生、文化积淀等复杂过程，重演人类创造文化的历程（柳夕浪，2014）。

素质的生理、心理、文化、思想等不同层次，具有时间上的先后顺序和内容上的层次递进关系。后者由前者构造而成，并对前者具有反作用，即思想对文化的改造、文化对心理的濡化、心理对生理的调节等。从生理、心理到文化、思想，通过环境教养因素与先天遗传因素的相互作用，人的素质逐渐形成（袁贵仁，1993）。其中，有组织、有计划的教育发挥着将生物人转化为社会人的重要功能。从某种意义上来说，教育实质上就是人脑的培育（巴特罗，费希尔，莱纳，2011）。因此，基于素质形成的科学规律而构建的国民教育体系，可以有效地培育国民的整体素养，进而提升国民的整体素质。

国民素质的高低是国家综合实力强弱的决定性因素。提高国民素质的主要途径在于国民的学习和教育。学校集中了人的素质生成所需要的优质文化养料，但学习者还需要主动吸收校外环境的文化营养。素质的培养需要科学地设计教育环境，根据学习者的脑与认知加工规律，探索最有效的教育模式，让学习者有选择地“复演”人类思想与文化精神发生的过程。素质的培养还需要情感与理智的协调发展。虽然，人类的某些天赋能力在后天适宜的环境中可以得到自然地展开与发展，有时并不需要刻意的培养，但是生活世界的许多技能都需要在先天能力的基础上，通过长时间的刻意学习才能获得（柳夕浪，2014）。素质的可教育性与可塑性，并不能完全脱离先天的遗传限制，但是，文化教育可以对先天遗传机制进行一定程度的改造。因此，加强教育神经科学的研究与应用，以科学的研究成果来提升国民素质，具有重要的理论意义与实践价值。

综上所述，素养是素质的下位概念，具有可教育性、可学性、可测性与可持续发展的特点。无论是核心素养还是综合素质，都具有综合性与整体性的特征。本套丛书采用分析性的思维方式，将人的素质分解为具有独立性质的身体素质、心理素质、道德素质、科学文化素质、审美素质等，是为了更好地阐明素质的独特性质，但是素质的这些组成要素彼此交织在一起，实质上无法分离。素质与学校开设的课程之间也不存在简单的一一对应关系。素质的整体性要求学校的教育活动具有综合性，这样才能培养全面发展的人。

基于上述思考，本丛书从教育神经科学的角度来探索核心素养的形成规律，进而为国民素质的提升提供科学的依据。我们的这一构想得到了哈佛大学库尔特·W.费希尔（Kurt W. Fischer）教授的大力支持。作为华东师范大学教育神经科学研究中心的名誉教授，他自中心成立以来一直积极支持中心的研究，并欣然成为本丛书编写组的总顾问，对本丛书的设计发挥了重要的引领作用。本丛书也是我们这个全国性教育神经科学研究团队集体智慧的结晶。自2010年我们成立“教育神经科学与国民素质提升”研究团队以来，队伍不断壮大。在研究的过程中，部分研究者对自己所研究的领域进行了深入而系统的思考，逐渐汇聚成书，才有了本丛书的问世。课题组成员在美国、意大利、英国、阿根廷、澳大利亚等国召开的国际教育神经科学会议上，以及国内的神经科学、心理学、教育学学术研讨会上发表论文与报告，得到了国内外同行的关注。课题组成员还通过教育神经科学沙龙、电子邮件、电话讨论等多种方式进行研讨，在这个讨论的过程中，我们的队伍不断取得进步。各分册的作者在丛书启动之前，或者在丛书的写作过程中，都到美国、英国、澳大利亚等不同的国度、不同的大学进行为期一年或者两年的访学，这使得各位作者能够将不同国家的最新进展与研究思路反映到著作中，使读者们能够通过本丛书了解国内外教育神经科学的最新发展状况。另外，本丛书是对教育神经科学所涉及领域的一个初步探索，各部分均可以进一步拓展与深化。

本丛书的正式出版离不开教育科学出版社刘明堂主任的大力支持与帮助。他全程参与了丛书的策划，并在研究的过程中给予指导与督促，使得我们如期完成了书稿的写作任务。在研究的过程中，我们的论文陆续在国际与国内期刊，如《心智、脑与教育》（*Mind, Brain and Education*）、《华东师范大学学报（教育科学版）》、《全球教育展望》、《教育发展研究》、《教育生物学杂志》、《人民音乐》、《中央音乐学院学报》、《体育科学》等上发表。感谢这些学术期刊对教育神经科学的大力支持。我们期待有更多的学者投身于这个新兴而又重要的研究领域，为了中华民族的复兴、为了每一位学生的发展而贡献力量。

## 参考文献

- 巴特罗, 费希尔, 莱纳, 2011. 受教育的脑: 神经教育学的诞生 [M]. 周加仙, 等译. 北京: 教育科学出版社.
- 林传鼎, 陈舒永, 张厚粲, 1984. 心理学词典 [M]. 南昌: 江西科学技术出版社.
- 柳夕浪, 1991. 谈素质教育 [J]. 教育研究 (9): 17-24.
- 柳夕浪, 2014. 从“素质”到“核心素养”: 关于“培养什么样的人”的进一步追问 [J]. 教育科学研究 (3): 5-11.
- 单培勇, 2010. 国民素质发展规律研究: 国民素质学新论 [M]. 北京: 人民出版社.
- 袁贵仁, 1993. 人的素质论 [M]. 北京: 中国青年出版社.
- 周加仙, 2011. 教育即大脑皮层的再利用: 与斯坦尼斯拉斯·迪昂院士的对话 [J]. 全球教育展望, 40 (4): 14-19.
- Battro A M, Dehaene S, Singer W J, 2011. Human neuroplasticity and education [Z]. Vatican City: The Pontifical Academy of Science.
- Carew T J, Magsamen S H, 2010. Neuroscience and education: An ideal partnership for producing evidence-based solutions to guide 21st century learning [J]. Neuron, 67 (5): 685-688.
- Dehaene S, 2011. The number sense: How the mind creates mathematics [M]. New York: Oxford University Press.

# ◎ 目录

## 第一部分 教育神经科学与循证教育研究

### 第一章 教育神经科学：走向循证教育决策与实践 [003]

- ◎ 第一节 循证教育决策与实践产生的背景与主要内涵 / 004
- ◎ 第二节 循证医学的核心思想对循证教育的启示 / 011
- ◎ 第三节 教育神经科学与循证教育决策和实践 / 017

### 第二章 教育神经科学视野中的循证教育研究方法 [033]

- ◎ 第一节 建构学习与发展路径的工具 / 033
- ◎ 第二节 脑科学与教育创新中的群组研究 / 041
- ◎ 第三节 教育神经科学的研究转向：教学脑的研究 / 050
- ◎ 第四节 文化神经科学与人类学对教育神经科学的  
启迪 / 056

## 第二部分 教育神经科学视野中的循证教育政策

### 第三章 学会关心：从生物倾向到共同伦理 [067]

- ◎ 第一节 关怀的生物机制 / 067
- ◎ 第二节 学会关心：基于脑与认知科学的视角 / 088

## 第四章 文化适宜性教育政策：东西方文化对人脑的塑造 [107]

- ◎ 第一节 东西方文化对脑与认知的塑造 / 107
- ◎ 第二节 基于脑与认知科学的文化适宜性教育政策 / 118

## 第三部分 教育神经科学视野中的循证教育实践

## 第五章 教育神经科学对学科教学的启示 [127]

- ◎ 第一节 阅读教育及大脑皮质的再利用 / 127
- ◎ 第二节 数学学习的脑与认知机制及其对数学教学的启示 / 136
- ◎ 第三节 音乐教育的脑与认知机制研究与音乐素养的形成 / 146
- ◎ 第四节 体育活动的生物学效应及体育教育改革 / 156

## 第六章 教育神经科学视野中的教师专业重构与发展 [167]

## 第四部分 教育神经科学视野中的循证教育质量提升

## 第七章 情绪的脑、认知科学研究与教育质量提升 [181]

- ◎ 第一节 情绪的跨文化普遍性与差异性 / 181
- ◎ 第二节 情绪与认知的交互作用 / 191
- ◎ 第三节 情绪与认知的互动教学及其实施途径 / 198
- ◎ 第四节 青春期冒险行为的神经机制及其对教育实践的启示 / 208

## 第八章 学习动机的神经机制与教育质量提升 [223]

- ◎ 第一节 学习动机的定义及其对学业成就的重要性 / 223
- ◎ 第二节 动机的神经机制及其对教育的启示 / 232

## 参考文献 [243]

索 引 [285]

后 记 [289]

第一部分

教育神经科学与循证教育研究







## 第一章

# 教育神经科学：走向循证教育决策与实践

17世纪，两位天文学家用两种完全不同的方法来研究太阳系。1609年，伽利略（G. Galilei）制作了第一架天文望远镜，并运用望远镜来观察新的星星以及月球表面的特征。而同时代的西茨（F. Sizi）则运用思辨的方法来研究太阳系。他嘲笑伽利略的发现，他说，太阳系只有7个行星，如果增加行星的数量，整个宇宙系统就会毁灭。他认为，人们用肉眼无法看到伽利略所发现的新星，而且它们对地球也没有产生任何影响，所以这些新星是不存在的（Sackett et al., 1996）。西茨和伽利略的故事告诉我们，要认识世界、改造世界，不能仅仅依靠纯粹的思辨，不管这种思辨是多么具有逻辑性、创造性或者现代性。3个多世纪以来，伽利略的实证研究方法显示出巨大的力量。科学发展的历史事实已经雄辩地说明，实证研究方法是推动知识发展与实践创新的巨大力量。技术上的突破，使得科学有了突飞猛进的发展。伽利略制作的第一架天文望远镜，使天文学彻底告别了古代和中世纪占星术的迷信；17世纪英国物理学家胡克（R. Hooke）制作了显微镜，意大利人马尔皮基（M. Malpighi）运用显微镜来观察生物体的组织结构，将人类的视觉从宏观世界引入微观世界，这直接推动了19世纪细胞学、微生物学等学科的建立。1983年，西门子在德国汉诺威医学院成功安装了第一台临床磁共振成像设备，并逐步将其运用于人的认知研究，使人类的视觉从客观的物质世界深入人的主观世界。总之，技术的发展为科学研究提供了强大的工具。没有航天科学研究者的贡献，人类无